

明 細 書

歩行補助装置の減速機

発明の分野

- 5 本発明は、筋力の衰えた老人や傷病者の歩行、階段の昇降、着座姿勢からの起立、起立姿勢からの着座等をアシストすることで、その運動を促進して筋力低下の抑制や歩容形態の矯正を図るための歩行補助装置に関し、特にその歩行補助装置の減速機に関する。

背景技術

- 10 かかる歩行補助装置は、本出願人の出願に係る日本特願2001-109046号により既に提案されている。この歩行補助装置は、使用者の脚関節（つまり股関節および膝関節）に電気アクチュエータを装着したもので、使用者が背中に背負ったバックパック内の電源から給電することでアクチュエータを作動させ、各関節を伸展・屈曲させる関節トルクを発生させて使用者の歩行等の運動を補助するように
- 15 になっている。

また複数のプラネタリギヤ機構を軸方向に多段に積み重ねることで、小型で大きな減速比を得られるようにした減速機が、日本特開平8-247225号公報、日本特開平11-37226号公報により公知である。

- () ところで上記従来 of 歩行補助装置はモータおよび減速機を一体に組み込んだアクチュエータを備えているが、その減速機は大きな減速比を必要とするためにアクチュエータ全体が大型化してしまう問題があった。その結果、アクチュエータを使用者の衣服の内側に装着することが難しくなり、アクチュエータが衣服の外側に露出するために体裁が良くなかった。
- 20

- 複数のプラネタリギヤ機構を軸方向に多段に積み重ねた上記従来 of 減速機は、大きな減速比を有する点では優れているが、軸方向の寸法が大型化するために歩行補助装置のアクチュエータに使用するには適していない。
- 25

発明の開示

本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、歩行補助装置の減速機の減速比を十分に確保しながら、その薄型化を図ることを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤの外周を囲むように回転自在に配置された第1リングギヤと、第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に啮合する複数個の第1プラネタリギヤと、第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリアとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、第1リングギヤの外周に設けられた第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むように配置された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に啮合する複数個の第2プラネタリギヤと、第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリアとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、かつ第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置したので、入力軸の回転を第1、第2プラネタリギヤ機構で2段に減速して出力軸に伝達しながら、第1、第2プラネタリギヤ機構を軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

また本発明の第2の特徴によれば、上記第1の特徴に加えて、第1プラネタリギヤ機構の第1キャリアをケーシングに固定し、第2プラネタリギヤ機構の第2リングギヤをケーシングに固定し、第2プラネタリギヤ機構の第2キャリアを出力軸に接続したことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、第1プラネタリギヤ機構の第1キャリアをケーシングに固定することで、第1サンギヤから入力された回転を第1リングギヤから出力し、また第2リングギヤをケーシングに固定することで、第1リングギヤと一体の第2サン

ギヤに入力された回転を第2キャリアから出力することができ、入力軸の回転を第1、第2プラネタリギヤ機構で2段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。

また本発明の第3の特徴によれば、上記第2の特徴に加えて、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構に対して同軸に、かつ軸線方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構を配置し、第3プラネタリギヤ機構は、第2プラネタリギヤ機構の第2キャリアの中央部外周に設けられた第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むように配置されてケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に啮合する複数個の第3プラネタリギヤと、第3プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリアとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、第1、第2プラネタリギヤ機構に対して同軸に、かつ軸線方向に重なるように配置した第3プラネタリギヤ機構の第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2キャリアと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリアに出力することができ、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。

また本発明の第4の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤを囲むように回転自在に配置された内側リング部材の内周に形成された第1リングギヤと、第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に啮合する複数個の第1プラネタリギヤと、ケーシングに固定されて第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリアとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、内側リング部材の外周に形成された第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むように配

置された外側リング部材の内周に形成された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に噛合する複数の第2プラネタリギヤと、ケーシングに固定されて第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリアとを備え、第3プラネタリギヤ機構は、外側リング部材の外周に形成された第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に噛合する複数の第3プラネタリギヤと、第3プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリアとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

() 上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、第1プラネタリギヤ機構の第1キャリアをケーシングに固定することで、入力軸から第1サンギヤに入力された回転を第1リングギヤから出力し、第2キャリアをケーシングに固定することで、第1リングギヤと一体の第2サンギヤに入力された回転を第2リングギヤから出力し、第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2リングギヤと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリアから出力し、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。また第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置したので、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達しながら、第1～第3プラネタリギヤ機構の全てを軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

また本発明の第5の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に

第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤを囲むようにケーシングに固定された第1リングギヤと、
5 第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤと、第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリアとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、第1キャリアの外周に形成された第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤと、第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリアとを備え、第3プラネタリギヤ機構は、
10 第2キャリアの外周に形成された第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤと、第3プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリアとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。
15

上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、第1プラネタリギヤ機構の第1リングギヤをケーシングに固定することで、
20 第1サンギヤから入力された回転を第1キャリアから出力し、第2リングギヤをケーシングに固定することで、第1キャリアと一体の第2サンギヤに入力された回転を第2キャリアから出力し、第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2キャリアと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリアから出力し、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。また第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置したので、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達しながら、第1～第3プラネタリギヤ機構の全てを軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良
25

くすることができる。

また本発明の第6の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構に対して軸線方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構を配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第1リングギヤと、第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤと、第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリアとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、第1キャリアの外周に設けられた第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤと、第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリアとを備え、第3プラネタリギヤ機構は、第2キャリアの中央部外周に設けられた第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤと、第3プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリアとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、第1プラネタリギヤ機構の第1リングギヤをケーシングに固定することで、入力軸から第1サンギヤに入力された回転を第1キャリアから出力し、第2リングギヤをケーシングに固定することで、第1キャリアと一体の第2サンギヤに入力された回転を第2キャリアから出力し、第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2キャリアと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリアから出力

図１～図７は本発明の第１実施例を示すもので、図１は歩行補助装置の使用状態を示す図、図２は歩行補助装置の分解斜視図の第１分図、図３は歩行補助装置の分解斜視図の第２分図、図４は歩行補助装置の電気アクチュエータの縦断面図、図５は図４の５－５線断面図、図６は図４の６－６線断面図、図７は歩行補助装置の電気アクチュエータのスケルトン図である。

図１１～図１３は本発明の第３実施例を示すもので、図１１は歩行補助装置の電気アクチュエータの縦断面図、図１２は図１１の１２－１２線断面図、図１３は歩行補助装置の電気アクチュエータのスケルトン図である。

発明を実施するための最良の形態

図１～図３に示すように、本実施例の歩行補助装置は、使用者が背中に背負うバックパック１１と、左右の股関節にトルクを付与する左右一対の第１電気アクチュエータ１２、１２と、左右の膝関節にトルクを付与する左右一対の第２電気アクチ

ュエータ 13, 13 と、使用者の腹部に着脱自在に装着される軟質樹脂製の腹帯 14 と、使用者の左右の大腿部に着脱自在に装着される前後に 2 分割された軟質樹脂製の上部脚当て 15 f, 15 r と、使用者の左右の脛部に着脱自在に装着される前後に 2 分割された軟質樹脂製の下部脚当て 16 f, 16 r と、腹帯 14 の前部から
 5 使用者の肩を経由して腹帯 14 の後部に連結される 2 本の吊りベルト 17, 17 とを備える。尚、図 3 には左脚用の上部脚当て 15 f, 15 r および下部脚当て 16 f, 16 r が示されているが、図示せぬ右脚用のものも左右対称な同一構造である。

第 1 リンク 18 および補強部材 19 が、腹帯 14 の左右両側部のそれぞれの外面および内面を挟むようにボルト締めされる。第 1 リンク 18 の下端に第 1 電気アクチュエータ 12 を介して屈曲自在に連結された第 2 リンク 20 が、後側の上部脚当て 15 r の外側にボルト締めされる。このとき、第 1 リンク 18 および第 2 リンク 20 の枢支部、つまり第 1 電気アクチュエータ 12 は使用者の股関節の外側に位置している。

後側の上部脚当て 15 r の外側および内側にそれぞれ外側第 3 リンク 21 および
 15 内側第 3 リンク 22 がボルト締めされるとともに、後側の下部脚当て 16 r の外側および内側にそれぞれ外側第 4 リンク 23 および内側第 4 リンク 24 がボルト締めされる。外側第 3 リンク 21 の下端および外側第 4 リンク 23 の上端が第 2 電気アクチュエータ 13 を介して屈曲自在に連結され、内側第 3 リンク 22 の下端および
 () 内側第 4 リンク 24 の上端がヒンジ 25 を介して屈曲自在に連結される。このとき、
 20 両第 3 リンク 21, 22 および両第 4 リンク 23, 24 の枢支部、つまり第 2 電気アクチュエータ 13 およびヒンジ 25 は使用者の膝関節の外側および内側に位置している。

吊りベルト 17, 17 に着脱自在に装着されるバックパック 11 の内部には、
 第 1 電気アクチュエータ 12, 12 および第 2 電気アクチュエータ 13, 13 の作
 25 動を制御する電子制御ユニット 26 と、前記各アクチュエータ 12, 12 ; 13, 13 が発生しているトルクの状態を示すインジケータ 27 と、前記各アクチュエータ 12, 12 ; 13, 13 のモータを駆動するモータドライバー 28 と、そのモータや電子制御ユニット 26 に電力を供給する電源 29 (例えば Ni-Zn バッテリ) とが収納される。

第1電気アクチュエータ12, 12および第2電気アクチュエータ13, 13は共通の構造を有するもので、直流モータと減速機とから構成されており、そのケーシングが第1リンク18の下端にボルト締めされるとともに、その出力軸がボルト30で第2リンク20の上端に結合される。従って、第1電気アクチュエータ12を駆動することで、第1リンク18および第2リンク20を相対回転させるトルクを発生し、使用者の股関節を伸展・屈曲させることができる。また第2電気アクチュエータ13は、そのケーシングが外側第3リンク21の下端にボルト締めされるとともに、その出力軸がボルト30で外側第4リンク23の上端に結合される。従って、第2電気アクチュエータ13を駆動することで、外側第3リンク21および外側第4リンク23を相対回転させるトルクを発生し、使用者の膝関節を伸展・屈曲させることができる。

次に、図4～図7に基づいて第1電気アクチュエータ12の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ13の構造は第1電気アクチュエータ12の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ12のケーシング41は、軸線Lを中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング41は、第1支持リング42、第2支持リング43、支持プレート44、モータハウジング45およびモータカバー46を積層して複数本のボルト47…で一体に締結してなり、モータハウジング45およびモータカバー46の内部にモータ48が収納され、また第1支持リング42および第2支持リング43の内部に減速機49が収納される。支持プレート44およびモータハウジング45にボールベアリング50, 51を介して減速機49の入力軸Siが支持されており、モータ48のロータ52が入力軸Siに固定され、ロータ52の外周を取り囲むステータ53がモータハウジング45に固定される。ロータ52およびステータ53にはそれぞれ永久磁石52aおよびコイル53aが設けられており、コイル53aに通電すると、ロータ52と共に入力軸Siが回転する。

減速機49は、第2支持リング43の内側に収納された第1プラネタリギヤ機構 P_1 および第2プラネタリギヤ機構 P_2 と、第1支持リング42の内側に収納された第3プラネタリギヤ機構 P_3 とを備える。第1プラネタリギヤ機構 P_1 は第2プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向内側に配置され、第3プラネタリギヤ機構

P_3 は第1、第2プラネタリギヤ機構 P_1 、 P_2 の軸線L方向外側に配置される。

第1プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1サンギヤ ZS_1 と、第1リングギヤ ZR_1 と、複数の第1プラネタリギヤ ZP_1 …と、第1キャリア C_1 とを備える。

- 5 第1サンギヤ ZS_1 は入力軸Siの軸端に電磁クラッチ54を介して接続される。第1リングギヤ ZR_1 は軸線L回りに回転自在に配置されたリング部材55の内周に一体に形成される。第1サンギヤ ZS_1 および第1リングギヤ ZR_1 に同時に啮合する第1プラネタリギヤ ZP_1 …を回転自在に支持する第1キャリア C_1 は、支持プレート44の一部として構成される。従って、第1プラネタリギヤ機構
- 10 P_1 は、第1キャリア C_1 が固定されて第1リングギヤ ZR_1 が回転可能なスター型であり、入力軸Siに電磁クラッチ54を介して結合された第1サンギヤ ZS_1 が回転すると、その回転は減速され、かつ逆回転となって第1リングギヤ ZR_1 （つまりリング部材55）に出力される。

- 第1サンギヤ ZS_1 の入力回転数を ns_1 とし、第1リングギヤ ZR_1 の出力回転数 nr_1 とすると、スター型の第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比は nr_1 / ns_1 で定義される。第1サンギヤ ZS_1 、第1リングギヤ ZR_1 および第1プラネタリギヤ ZP_1 の歯数を、それぞれ zs_1 、 zr_1 、 zp_1 で表すと、減速比 nr_1 / ns_1 は、

$$() \quad nr_1 / ns_1 = -zs_1 / zr_1 \quad \dots (1)$$

- 20 で与えられる。尚、(1)式の右辺の負号は、第1サンギヤ ZS_1 の回転方向に対して第1リングギヤ ZR_1 の回転方向が逆であることを示している。

- 第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ ZS_2 と、第2リングギヤ ZR_2 と、複数の第2プラネタリギヤ ZP_2 …と、第2キャリア C_2 とを備える。第2サンギヤ ZS_2 は内周に第1リングギヤ ZR_1 が形成されたリング部材55
- 25 の外周に形成される。第2リングギヤ ZR_2 はケーシング41に固定された第2支持リング43の内周に一体に形成される。第2サンギヤ ZS_2 および第2リングギヤ ZR_2 に同時に啮合する第2プラネタリギヤ ZP_2 …を回転自在に支持する第2キャリア C_2 は、第2支持リング43の内周にボールベアリング56を介して回転自在に支持される。従って、第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リン

グギヤ $Z R_2$ が固定されて第2キャリア C_2 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第2サンギヤ $Z S_2$ が回転すると、その回転は減速され、かつ同回転のまま第2キャリア C_2 に出力される。

第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数を $n s_2$ とし、第2キャリア C_2 の出力回転数 $n c_2$ とすると、プラネタリ型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は $n c_2 / n s_2$ で定義される。第2サンギヤ $Z S_2$ 、第2リングギヤ $Z R_2$ および第2プラネタリギヤ $Z P_2$ の歯数を、それぞれ $z s_2$ 、 $z r_2$ 、 $z p_2$ で表すと、減速比 $n c_2 / n s_2$ は、

$$n c_2 / n s_2 = z s_2 / (z s_2 + z r_2) \quad \cdots (2)$$

で与えられる。

第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …と、第3キャリア C_3 とを備える。

第3サンギヤ $Z S_3$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の第2キャリア C_2 の中央部外周に一体に形成される。第3リングギヤ $Z R_3$ はケーシング41に固定された第1支持リング42の内周に一体に形成される。第3サンギヤ $Z S_3$ および第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に噛合する第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …を回転自在に支持する第3キャリア C_3 は、第1支持リング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、

第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリア C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第3サンギヤ $Z S_3$ が回転すると、その回転は減速され、かつ同回転のまま第3キャリア C_3 と一体の出力軸 S_o に出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を $n s_3$ とし、第3キャリア C_3 の出力回転数 $n c_3$ とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は $n c_3 / n s_3$ で定義される。第3サンギヤ $Z S_3$ 、第3リングギヤ $Z R_3$ および第3プラネタリギヤ $Z P_3$ の歯数を、それぞれ $z s_3$ 、 $z r_3$ 、 $z p_3$ で表すと、減速比 $n c_3 / n s_3$ は、

$$n c_3 / n s_3 = z s_3 / (z s_3 + z r_3) \quad \cdots (3)$$

で与えられる。

しかして、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1リングギヤ $Z R_1$

の出力回転数 $n r_1$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数 $n s_2$ に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2 の出力部材である第2キャリヤ C_2 の出力回転数 $n c_2$ は、第3プラネタリギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数 $n s_3$ に等しいた

5 め、(1)式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 $n r_1 / n s_1$ と、

(2)式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 $n c_2 / n s_2$ と、

(3)式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 $n c_3 / n s_3$ の積は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ $Z S_1$

10 の回転数 $n s_1$ に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構 P_3 の第3キャリヤ C_3 の回転数 $n c_3$ の比 $n c_3 / n s_1$ で与えられる。

$$(n r_1 / n s_1) \times (n c_2 / n s_2) \times (n c_3 / n s_3) = n c_3 / n s_1 \quad \cdots (4)$$

(1)式～(3)式から、減速機49の減速比 $n c_3 / n s_1$ は、

$$n c_3 / n s_1 = (-z s_1 / z r_1) \times \{z s_2 / (z s_2 + z r_2) \} \times \{z s_3 / (z s_3 + z r_3) \} \quad \cdots (5)$$

15 で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{array}{lll} z s_1 = 18 & z p_1 = 27 & z r_1 = 72 \\ z s_2 = 96 & z p_2 = 24 & z r_2 = 144 \\ z s_3 = 36 & z p_3 = 54 & z r_3 = 144 \end{array}$$

20 に設定されているため、上記歯数を(5)式に代入することで得られる減速機49の減速比 $n c_3 / n s_1$ は、 $1/50$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が50回転すると出力軸 S_o が逆方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機49を構成したので、十分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構2個分の厚さに抑え、第1電気

アクチュエータ 12, 12 および第 2 電気アクチュエータ 13, 13 を小型化して
 使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

次に、図 8 ～ 図 10 に基づいて、本発明の第 2 実施例に係る第 1 電気アクチュエータ 12 の構造を説明する。尚、第 2 電気アクチュエータ 13 の構造は第 1 電気アクチュエータ 12 の構造と同一である。

第 1 電気アクチュエータ 12 のケーシング 41 は、軸線 L を中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング 41 は、支持リング 42、支持プレート 44、モータハウジング 45 およびモータカバー 46 を積層して複数本のボルト 47 … で一体に締結してなり、モータハウジング 45 およびモータカバー 46 の内部にモータ 48 が収納され、また支持リング 42 の内部に減速機 49 が収納される。支持プレート 44 およびモータカバー 46 にボールベアリング 50, 51 を介して減速機 49 の入力軸 S i が支持されており、モータ 48 のロータ 52 が入力軸 S i に固定され、ロータ 52 の外周を取り囲むステータ 53 がモータハウジング 45 に固定される。ロータ 52 およびステータ 53 にはそれぞれ永久磁石 52 a およびコイル 53 a が設けられており、コイル 53 a に通電すると、ロータ 52 と共に入力軸 S i が回転する。

支持リング 42 の内部に収納された減速機 49 は、第 1 プラネタリギヤ機構 P_1 、第 2 プラネタリギヤ機構 P_2 および第 3 プラネタリギヤ機構 P_3 を備え、第 1 プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第 2 プラネタリギヤ機構 P_2 が配置され、更に第 2 プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向外側に第 3 プラネタリギヤ機構 P_3 が配置される。

第 1 プラネタリギヤ機構 P_1 は、第 1 サンギヤ $Z S_1$ と、第 1 リングギヤ $Z R_1$ と、複数の第 1 プラネタリギヤ $Z P_1$ … と、第 1 キャリヤ C_1 とを備える。第 1 サンギヤ $Z S_1$ は入力軸 S i の軸端に電磁クラッチ 54 を介して接続される。第 1 リングギヤ $Z R_1$ は軸線 L を囲むように配置された内側リング部材 55 i の内周に一体に形成される。第 1 サンギヤ $Z S_1$ および第 1 リングギヤ $Z R_1$ に同時に噛合する第 1 プラネタリギヤ $Z P_1$ … を回転自在に支持する第 1 キャリヤ C_1 は、支持プレート 44 の中心寄りの一部分として設けられる。従って、第 1 プラネタリギヤ機構 P_1 は、第 1 リングギヤ $Z R_1$ が回転可能で第 1 キャリヤ C_1

が固定されたスター型であり、入力軸 S_1 に電磁クラッチ 54 を介して結合された第1サンギヤ $Z S_1$ が回転すると、その回転は減速され、かつ逆方向になって第1リングギヤ $Z R_1$ に出力される。

第1サンギヤ $Z S_1$ の入力回転数を $n s_1$ とし、第1リングギヤ $Z R_1$ の出力回転数を $n r_1$ とすると、スター型の第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比は $n r_1 / n s_1$ で定義される。第1サンギヤ $Z S_1$ 、第1リングギヤ $Z R_1$ および第1プラネタリギヤ $Z P_1$ の歯数を、それぞれ $z s_1$ 、 $z r_1$ 、 $z p_1$ で表すと、減速比 $n r_1 / n s_1$ は、

$$n r_1 / n s_1 = - z s_1 / z r_1 \quad \dots (6)$$

で与えられる。(6)式の右辺の負号は、第1サンギヤ $Z S_1$ の回転方向に対して第1リングギヤ $Z R_1$ の回転方向が逆であることを示している。

第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ $Z S_2$ と、第2リングギヤ $Z R_2$ と、複数の第2プラネタリギヤ $Z P_2 \dots$ と、第2キャリア C_2 とを備える。第2サンギヤ $Z S_2$ は内側リング部材 55 i の外周に一体に形成される。第2リングギヤ $Z R_2$ は軸線 L を囲むように配置された外側リング部材 55 o の内周に一体に形成される。第2サンギヤ $Z S_2$ および第2リングギヤ $Z R_2$ に同時に噛合する第2プラネタリギヤ $Z P_2 \dots$ を回転自在に支持する第2キャリア C_2 は、支持プレート 44 の外周寄りの一部分として設けられる。従って、第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リングギヤ $Z R_2$ が回転可能で第2キャリア C_2 が固定されたスター型であり、第1リングギヤ $Z R_1$ と一体の第2サンギヤ $Z S_2$ が回転すると、その回転は減速され、かつ逆方向になって第2リングギヤ $Z R_2$ に出力される。

第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数を $n s_2$ とし、第2リングギヤ $Z R_2$ の出力回転数を $n r_2$ とすると、スター型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は $n r_2 / n s_2$ で定義される。第2サンギヤ $Z S_2$ 、第2リングギヤ $Z R_2$ および第2プラネタリギヤ $Z P_2$ の歯数を、それぞれ $z s_2$ 、 $z r_2$ 、 $z p_2$ で表すと、減速比 $n r_2 / n s_2$ は、

$$n r_2 / n s_2 = - z s_2 / z r_2 \quad \dots (7)$$

で与えられる。(7)式の右辺の負号は、第2サンギヤ $Z S_2$ の回転方向に対し

て第2リングギヤ $Z R_2$ の回転方向が逆であることを示している。

第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …と、第3キャリア C_3 とを備える。第3サンギヤ $Z S_3$ は、外側リング部材55oの外周に一体に形成される。第3
 5 リングギヤ $Z R_3$ はケーシング41に固定された支持リング42の内周に一体に形成される。第3サンギヤ $Z S_3$ および第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に噛合する第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …を回転自在に支持する第3キャリア C_3 は、支持リング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリア C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第3サンギヤ $Z S_3$ が
 10 回転すると、その回転は同方向に減速されて第3キャリア C_3 と一体の出力軸S oに出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を $n s_3$ とし、第3キャリア C_3 の出力回転数 $n c_3$ とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は
 15 $n c_3 / n s_3$ で定義される。第3サンギヤ $Z S_3$ 、第3リングギヤ $Z R_3$ および第3プラネタリギヤ $Z P_3$ の歯数を、それぞれ $z s_3$ 、 $z r_3$ 、 $z p_3$ で表すと、減速比 $n c_3 / n s_3$ は、

$$n c_3 / n s_3 = z s_3 / (z s_3 + z r_3) \quad \dots (8)$$

() で与えられる。

20 しかして、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1リングギヤ $Z R_1$ の出力回転数 $n r_1$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数 $n s_2$ に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2 の出力部材である第2リングギヤ $Z R_2$ の出力回転数 $n r_2$ は、第3プラネタリギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数 $n s_3$ に等し
 25 いため、(6)式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 $n r_1 / n s_1$ と、(7)式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 $n r_2 / n s_2$ と、(8)式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 $n c_3 / n s_3$ との積は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ $Z S_1$ の回転数 $n s_1$ に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構

P_3 の第3キャリア C_3 の回転数 nc_3 の比 nc_3 / ns_1 で与えられる。

$$(nr_1 / ns_1) \times (nr_2 / ns_2) \times (nc_3 / ns_3) \\ = nc_3 / ns_1 \quad \dots (9)$$

(6) 式～(8) 式から、減速機49の減速比 nc_3 / ns_1 は、

$$nc_3 / ns_1 = (-zs_1 / zr_1) \times (-zs_2 / zr_2) \\ \times \{zs_3 / (zs_3 + zr_3)\} \quad \dots (10)$$

で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{array}{lll} zs_1 = 18 & zp_1 = 27 & zr_1 = 72 \\ zs_2 = 96 & zp_2 = 24 & zr_2 = 144 \\ zs_3 = 168 & zp_3 = 24 & zr_3 = 216 \end{array}$$

に設定されているため、上記歯数を(10)式に代入することで得られる減速機49の減速比 nc_3 / ns_1 は、 $1/13.7$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が13.7回転すると出力軸 S_o が同方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機49を構成したので、十分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置し、かつ第2プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 P_3 を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構1個分の厚さに抑え、第1電気アクチュエータ12、12および第2電気アクチュエータ13、13を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

次に、図11～図13に基づいて、本発明の第3実施例に係る第1電気アクチュエータ12の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ13の構造は第1電気アクチュエータ12の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ12のケーシング41は、軸線Lを中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング41は、支持リング42、支持プレート44、モータハウジング45およびモータカバー46を積層し、複数本のボルト47…で一体に

締結してなり、モータハウジング45およびモータカバー46の内部にモータ48が収納され、また支持リング42および支持プレート44の内部に減速機49が収納される。支持プレート44およびモータカバー46にボールベアリング50、51を介して減速機49の入力軸S_iが支持されており、モータ48のロータ52が5 入力軸S_iに固定され、ロータ52の外周を取り囲むステータ53がモータハウジング45に固定される。ロータ52およびステータ53にはそれぞれ永久磁石52aおよびコイル53aが設けられており、コイル53aに通電すると、ロータ52と共に入力軸S_iが回転する。

支持リング42の内部に収納された減速機49は、第1プラネタリギヤ機構P₁、第2プラネタリギヤ機構P₂ および第3プラネタリギヤ機構P₃ を備え、第1プラネタリギヤ機構P₁ の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構P₂ が配置され、更に第2プラネタリギヤ機構P₂ の半径方向外側に第3プラネタリギヤ機構P₃ が配置される。

第1プラネタリギヤ機構P₁ は、第1サンギヤZ S₁ と、第1リングギヤZ R₁ と、複数の第1プラネタリギヤZ P₁ …と、第1キャリアC₁ とを備える。第1サンギヤZ S₁ は入力軸S_iの軸端に電磁クラッチ54を介して接続される。第1リングギヤZ R₁ は軸線Lを囲むように支持プレート44の中心寄りの位置に一体に形成される。第1サンギヤZ S₁ および第1リングギヤZ R₁ に同時に啮合する第1プラネタリギヤZ P₁ …を回転自在に支持する第1キャリアC₁ は、20 軸線Lまわりに回転自在に配置される。従って、第1プラネタリギヤ機構P₁ は、第1リングギヤZ R₁ が固定されて第1キャリアC₁ が回転可能なプラネタリ型であり、入力軸S_iに電磁クラッチ54を介して結合された第1サンギヤZ S₁ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第1キャリアC₁ に出力される。

第1サンギヤZ S₁ の入力回転数をn s₁ とし、第1キャリアC₁ の出力回転数をn c₁ とすると、プラネタリ型の第1プラネタリギヤ機構P₁ の減速比はn c₁ / n s₁ で定義される。第1サンギヤZ S₁ 、第1リングギヤZ R₁ および第1プラネタリギヤZ P₁ の歯数を、それぞれz s₁ , z r₁ , z p₁ で表すと、減速比n c₁ / n s₁ は、

$$n c_1 / n s_1 = z s_1 / (z s_1 + z r_1) \cdots (11)$$

で与えられる。

第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ $Z S_2$ と、第2リングギヤ $Z R_2$ と、複数の第2プラネタリギヤ $Z P_2 \dots$ と、第2キャリア C_2 とを備える。

第2サンギヤ $Z S_2$ は第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1キャリア C_1 の外周

5 に形成される。第2リングギヤ $Z R_2$ は軸線 L を囲むように支持プレート44の外周寄りの位置に一体に形成される。第2サンギヤ $Z S_2$ および第2リングギヤ $Z R_2$ に同時に啮合する第2プラネタリギヤ $Z P_2 \dots$ を回転自在に支持する第2キャリア C_2 は、軸線 L まわりに回転自在に配置される。従って、第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リングギヤ $Z R_2$ が固定されて第2キャリア C_2 が回転可能なプラネタリ型であり、第2サンギヤ $Z S_2$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第2キャリア C_2 に出力される。

第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数を $n s_2$ とし、第2キャリア C_2 の出力回転数を $n c_2$ とすると、プラネタリ型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は $n c_2 / n s_2$ で定義される。第2サンギヤ $Z S_2$ 、第2リングギヤ $Z R_2$

15 および第2プラネタリギヤ $Z P_2$ の歯数を、それぞれ $z s_2$, $z r_2$, $z p_2$ で表すと、減速比 $n c_2 / n s_2$ は、

$$n c_2 / n s_2 = z s_2 / (z s_2 + z r_2) \dots (12)$$

で与えられる。

() 第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3 \dots$ と、第3キャリア C_3 とを備える。

第3サンギヤ $Z S_3$ は第2プラネタリギヤ機構 P_2 の第2キャリア C_2 の外周

に形成される。第3リングギヤ $Z R_3$ は支持リング42の内周に一体に形成される。

第3サンギヤ $Z S_3$ および第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に啮合する第3プラネタリギヤ $Z P_3 \dots$ を回転自在に支持する第3キャリア C_3 は、支持リング42

25 の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリア C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、第3サンギヤ $Z S_3$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第3キャリア C_3 と一体の出力軸 S_o に出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を $n s_3$ とし、第3キャリア C_3 の出力回

転数を nc_3 とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は nc_3 / ns_3 で定義される。第3サンギヤ ZS_3 、第3リングギヤ ZR_3 および第3プラネタリギヤ ZP_3 の歯数を、それぞれ zs_3 、 zr_3 、 zp_3 で表すと、減速比 nc_3 / ns_3 は、

$$5 \quad nc_3 / ns_3 = zs_3 / (zs_3 + zr_3) \quad \cdots (13)$$

で与えられる。

しかして、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1キャリア C_1 の出力回転数 nc_1 は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギヤ ZS_2 の入力回転数 ns_2 に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2 の出力部材である第2キャリア C_2 の出力回転数 nc_2 は、第3プラネタリギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ ZS_3 の入力回転数 ns_3 に等しいため、

(11) 式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 nc_1 / ns_1 と、

(12) 式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 nc_2 / ns_2 と、

15 (13) 式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 nc_3 / ns_3 との積は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ ZS_1 の回転数 ns_1 に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構 P_3 の第3キャリア C_3 の回転数 nc_3 の比 nc_3 / ns_1 で与えられる。

$$20 \quad (nc_1 / ns_1) \times (nc_2 / ns_2) \times (nc_3 / ns_3) = nc_3 / ns_1 \quad \cdots (14)$$

(11) 式～(13) 式から、減速機49の減速比 nc_3 / ns_1 は、

$$\begin{aligned} & nc_3 / ns_1 \\ &= \{ zs_1 / (zs_1 + zr_1) \} \times \{ zs_2 / (zs_2 + zr_2) \} \\ & \quad \times \{ zs_3 / (zs_3 + zr_3) \} \quad \cdots (15) \end{aligned}$$

25 で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{aligned} zs_1 &= 18 & zp_1 &= 27 & zr_1 &= 72 \\ zs_2 &= 96 & zp_2 &= 24 & zr_2 &= 144 \\ zs_3 &= 168 & zp_3 &= 24 & zr_3 &= 216 \end{aligned}$$

に設定されているため、上記歯数を(15) 式に代入することで得られる減速機4

9の減速比 n_{c_3} / n_{s_1} は、 $1/28.5$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が28.5回転すると出力軸 S_o が同方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機49を構成したので、充分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置し、更に第2プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 P_3 を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構1個分の厚さに抑え、第1電気アクチュエータ12、12および第2電気アクチュエータ13、13を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

次に、図14～図17に基づいて、本発明の第4実施例に係る第1電気アクチュエータ12の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ13の構造は第1電気アクチュエータ12の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ12のケーシング41は、軸線Lを中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング41は、第1支持リング42、第2支持リング43、支持プレート44、モータハウジング45およびモータカバー46を積層して複数本のボルト47…で一体に締結してなり、モータハウジング45およびモータカバー46の内部にモータ48が収納され、また第1支持リング42および第2支持リング43の内部に減速機49が収納される。支持プレート44およびモータハウジング45にボールベアリング50、51を介して減速機49の入力軸 S_i が支持されており、モータ48のロータ52が入力軸 S_i に固定され、ロータ52の外周を取り囲むステータ53がモータハウジング45に固定される。ロータ52およびステータ53にはそれぞれ永久磁石52aおよびコイル53aが設けられており、コイル53aに通電すると、ロータ52と共に入力軸 S_i が回転する。

減速機49は、第2支持リング43の内側に収納された第1プラネタリギヤ機構 P_1 および第2プラネタリギヤ機構 P_2 と、第1支持リング42の内側に収納された第3プラネタリギヤ機構 P_3 とを備える。第1プラネタリギヤ機構 P_1 は第

2 プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向内側に配置され、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は第1、第2プラネタリギヤ機構 P_1 , P_2 の軸線 L 方向外側に配置される。

第1プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1サンギヤ $Z S_1$ と、第1リングギヤ $Z R_1$ と、複数の第1プラネタリギヤ $Z P_1$ …と、第1キャリア C_1 とを備える。
 第1サンギヤ $Z S_1$ は入力軸 S_i の軸端に電磁クラッチ 54 を介して接続される。
 第1リングギヤ $Z R_1$ は軸線 L を囲むように支持プレート 44 に一体に形成される。
 第1サンギヤ $Z S_1$ および第1リングギヤ $Z R_1$ に同時に噛合する第1プラネタリギヤ $Z P_1$ …を回転自在に支持する第1キャリア C_1 は、軸線 L まわりに回転自在に配置される。従って、第1プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1リングギヤ $Z R_1$ が固定されて第1キャリア C_1 が回転可能なプラネタリ型であり、入力軸 S_i に電磁クラッチ 54 を介して結合された第1サンギヤ $Z S_1$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第1キャリア C_1 に出力される。

第1サンギヤ $Z S_1$ の入力回転数を $n s_1$ とし、第1キャリア C_1 の出力回転数を $n c_1$ とすると、プラネタリ型の第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比は $n c_1 / n s_1$ で定義される。第1サンギヤ $Z S_1$ 、第1リングギヤ $Z R_1$ および第1プラネタリギヤ $Z P_1$ の歯数を、それぞれ $z s_1$, $z r_1$, $z p_1$ で表すと、減速比 $n c_1 / n s_1$ は、

$$n c_1 / n s_1 = z s_1 / (z s_1 + z r_1) \quad \cdots (16)$$

で与えられる。

第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ $Z S_2$ と、第2リングギヤ $Z R_2$ と、複数の第2プラネタリギヤ $Z P_2$ …と、第2キャリア C_2 とを備える。
 第2サンギヤ $Z S_2$ は第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1キャリア C_1 の外周に形成される。
 第2リングギヤ $Z R_2$ はケーシング 41 に固定された第2支持リング 43 の内周に一体に形成される。
 第2サンギヤ $Z S_2$ および第2リングギヤ $Z R_2$ に同時に噛合する第2プラネタリギヤ $Z P_2$ …を回転自在に支持する第2キャリア C_2 は、第2支持リング 43 の内周にボールベアリング 56 を介して回転自在に支持される。従って、第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リングギヤ $Z R_2$ が固定されて第2キャリア C_2 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部

材となる第2サンギヤ $Z S_2$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第2キャリヤ C_2 に出力される。

第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数を $n s_2$ とし、第2キャリヤ C_2 の出力回転数 $n c_2$ とすると、プラネタリ型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は $n c_2 / n s_2$ で定義される。第2サンギヤ $Z S_2$ 、第2リングギヤ $Z R_2$ および第2プラネタリギヤ $Z P_2$ の歯数を、それぞれ $z s_2$ 、 $z r_2$ 、 $z p_2$ で表すと、減速比 $n c_2 / n s_2$ は、

$$n c_2 / n s_2 = z s_2 / (z s_2 + z r_2) \quad \cdots (17)$$

で与えられる。

第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …と、第3キャリヤ C_3 とを備える。第3サンギヤ $Z S_3$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の第2キャリヤ C_2 の中央部外周に一体に形成される。第3リングギヤ $Z R_3$ はケーシング41に固定された第1支持リング42の内周に一体に形成される。第3サンギヤ $Z S_3$ および第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に噛合する第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …を回転自在に支持する第3キャリヤ C_3 は、第1支持リング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリヤ C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第3サンギヤ $Z S_3$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第3キャリヤ C_3 と一体の出力軸 S_o に出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を $n s_3$ とし、第3キャリヤ C_3 の出力回転数 $n c_3$ とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は $n c_3 / n s_3$ で定義される。第3サンギヤ $Z S_3$ 、第3リングギヤ $Z R_3$ および第3プラネタリギヤ $Z P_3$ の歯数を、それぞれ $z s_3$ 、 $z r_3$ 、 $z p_3$ で表すと、減速比 $n c_3 / n s_3$ は、

$$n c_3 / n s_3 = z s_3 / (z s_3 + z r_3) \quad \cdots (18)$$

で与えられる。

しかして、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1キャリヤ C_1 の出力回転数 $n c_1$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギ

ヤZ S₂ の入力回転数n s₂ に等しく、また第2プラネタリギヤ機構P₂ の出力部材である第2キャリアZ C₂ の出力回転数n c₂ は、第3プラネタリギヤ機構P₃ の入力部材である第3サンギヤZ S₃ の入力回転数n s₃ に等しいため、

(16) 式に示す第1プラネタリギヤ機構P₁ の減速比n c₁ /n s₁ と、

5 (17) 式に示す第2プラネタリギヤ機構P₂ の減速比n c₂ /n s₂ と、

(18) 式に示す第3プラネタリギヤ機構P₃ の減速比n c₃ /n s₃ との積は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構P₁ の第1サンギヤZ S₁ の回転数n s₁ に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構P₃ の第3キャリアC₃ の回転数n c₃ の比n c₃ /n s₁ で与えられる。

$$(nc_1 / ns_1) \times (nc_2 / ns_2) \times (nc_3 / ns_3) = nc_3 / ns_1 \quad \dots (19)$$

(16) 式～(18) 式から、減速機49の減速比n c₃ /n s₁ は、

$$nc_3 / ns_1$$

$$15 \quad = \{zs_1 / (zs_1 + zr_1)\} \times \{zs_2 / (zs_2 + zr_2)\} \times \{zs_3 / (zs_3 + zr_3)\} \quad \dots (20)$$

で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{array}{lll} zs_1 = 18 & zp_1 = 27 & zr_1 = 72 \\ zs_2 = 96 & zp_2 = 24 & zr_2 = 144 \\ zs_3 = 36 & zp_3 = 54 & zr_3 = 144 \end{array}$$

に設定されているため、上記歯数を(20) 式に代入することで得られる減速機49の減速比n c₃ /n s₁ は、1/62. 5となる。つまり、減速機49の入力軸S_i が62. 5回転すると出力軸S_o が同方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構P₁ ～P₃ を連結して減速機49を構成したので、十分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構P₁ の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構P₂ を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構P₁ ～P₃ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保

しながら、減速機 49 の厚さをプラネタリギヤ機構 2 個分の厚さに抑え、第 1 電気アクチュエータ 12, 12 および第 2 電気アクチュエータ 13, 13 を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

5 以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々の設計変更を行うことが可能である。

例えば、第 1 実施例の減速機 49 は第 1 ～第 3 プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を備えているが、第 3 プラネタリギヤ機構 P_3 を廃止して第 1、第 2 プラネタリギヤ機構 P_1, P_2 だけを備えるものでも良い。

また第 1 ～第 4 実施例では電磁クラッチ 54 を入力軸 S_i と第 1 サングヤ ZS_1 との間に配置しているが、入力軸 S_i および出力軸 S_o 間の任意の位置に電磁クラッチ 54 を設けることができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明は脚力の衰えた老人や傷病者の運動をアシストする歩行補助装置の減速機に好適に適用することができる。

請求の範囲

1. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ（48）により駆動される入力軸（ S_i ）の回転を減速して脚関節に接続された出力軸（ S_o ）に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

軸線（ L ）上に入力軸（ S_i ）、出力軸（ S_o ）、第1プラネタリギヤ機構（ P_1 ）および第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構（ P_1 ）の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）を概ね重なるように配置し、入力軸（ S_i ）の回転を第1プラネタリギヤ機構（ P_1 ）および第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）で減速して出力軸（ S_o ）に伝達するようにし、

第1プラネタリギヤ機構（ P_1 ）は、入力軸（ S_i ）に設けられた第1サンギヤ（ ZS_1 ）と、第1サンギヤ（ ZS_1 ）の外周を囲むように回転自在に配置された第1リングギヤ（ ZR_1 ）と、第1サンギヤ（ ZS_1 ）および第1リングギヤ（ ZR_1 ）に同時に啮合する複数個の第1プラネタリギヤ（ ZP_1 ）と、第1プラネタリギヤ（ ZP_1 ）を回転自在に支持する第1キャリア（ C_1 ）とを備え、

第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）は、第1リングギヤ（ ZR_1 ）の外周に設けられた第2サンギヤ（ ZS_2 ）と、第2サンギヤ（ ZS_2 ）の外周を囲むように配置された第2リングギヤ（ ZR_2 ）と、第2サンギヤ（ ZS_2 ）および第2リングギヤ（ ZR_2 ）に同時に啮合する複数個の第2プラネタリギヤ（ ZP_2 ）と、第2プラネタリギヤ（ ZP_2 ）を回転自在に支持する第2キャリア（ C_2 ）とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

2. 第1プラネタリギヤ機構（ P_1 ）の第1キャリア（ C_1 ）をケーシング（41）に固定し、第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）の第2リングギヤ（ ZR_2 ）をケーシング（41）に固定し、第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）の第2キャリア（ C_2 ）を出力軸（ S_o ）に接続したことを特徴とする、請求項1に記載の歩行補助装置の減速機。

3. 第1プラネタリギヤ機構（ P_1 ）および第2プラネタリギヤ機構（ P_2 ）に対して同軸に、かつ軸線（ L ）方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構（ P_3 ）

を配置し、第3プラネタリギヤ機構 (P_3) は、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) の第2キャリア (C_2) の中央部外周に設けられた第3サンギヤ (ZS_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) の外周を囲むように配置されてケーシングに固定された第3リングギヤ (ZR_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) および第3リングギヤ (ZR_3) に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ (ZP_3) と、第3プラネタリギヤ (ZP_3) を回転自在に支持して出力軸 (So) に接続された第3キャリア (C_3) とを備えたことを特徴とする、請求項2に記載の歩行補助装置の減速機。

4. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ (48) により駆動される入力軸 (Si) の回転を減速して脚関節に接続された出力軸 (So) に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

軸線 (L) 上に入力軸 (Si)、出力軸 (So)、第1プラネタリギヤ機構 (P_1)、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3)

を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構 (P_1) の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 (P_3) を概ね重なるように配置し、入力軸 (Si) の回転を第1プラネタリギヤ機構 (P_1)、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3) で減速して出力軸 (So) に伝達するようにし、

第1プラネタリギヤ機構 (P_1) は、入力軸 (Si) に設けられた第1サンギヤ (ZS_1) と、第1サンギヤ (ZS_1) を囲むように回転自在に配置された内側リング部材 (55i) の内周に形成された第1リングギヤ (ZR_1) と、第1サンギヤ (ZS_1) および第1リングギヤ (ZR_1) に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ (ZP_1) と、ケーシング (41) に固定されて第1プラネタリギヤ (ZP_1) を回転自在に支持する第1キャリア (C_1) とを備え、

第2プラネタリギヤ機構 (P_2) は、内側リング部材 (55i) の外周に形成された第2サンギヤ (ZS_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) の外周を囲むように配置された外側リング部材 (55o) の内周に形成された第2リングギヤ (ZR_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) および第2リングギヤ (ZR_2) に同時に噛合

する複数個の第2プラネタリギヤ ($Z P_2$) と、ケーシング (41) に固定されて第2プラネタリギヤ ($Z P_2$) を回転自在に支持する第2キャリア (C_2) とを備え、

第3プラネタリギヤ機構 (P_3) は、外側リング部材 (550) の外周に形成された第3サンギヤ ($Z S_3$) と、第3サンギヤ ($Z S_3$) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第3リングギヤ ($Z R_3$) と、第3サンギヤ ($Z S_3$) および第3リングギヤ ($Z R_3$) に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ ($Z P_3$) と、第3プラネタリギヤ ($Z P_3$) を回転自在に支持して出力軸 (S o) に接続された第3キャリア (C_3) とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

5. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ (48) により駆動される入力軸 (S i) の回転を減速して脚関節に接続された出力軸 (S o) に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

軸線 (L) 上に入力軸 (S i)、出力軸 (S o)、第1プラネタリギヤ機構 (P_1)、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3)

を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構 (P_1) の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 (P_3) を概ね重なるように配置し、入力軸 (S i) の回転を第1プラネタリギヤ機構 (P_1)、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3) で減速して出力軸 (S o) に伝達するようにし、

第1プラネタリギヤ機構 (P_1) は、入力軸 (S i) に設けられた第1サンギヤ ($Z S_1$) と、第1サンギヤ ($Z S_1$) を囲むようにケーシング (41) に固定された第1リングギヤ ($Z R_1$) と、第1サンギヤ ($Z S_1$) および第1リングギヤ ($Z R_1$) に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ ($Z P_1$) と、第1プラネタリギヤ ($Z P_1$) を回転自在に支持する第1キャリア (C_1) とを備え、

第2プラネタリギヤ機構 (P_2) は、第1キャリア (C_1) の外周に形成された第2サンギヤ ($Z S_2$) と、第2サンギヤ ($Z S_2$) の外周を囲むようにケー

シング (41) に固定された第2リングギヤ (ZR_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) および第2リングギヤ (ZR_2) に同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤ (ZP_2) と、第2プラネタリギヤ (ZP_2) を回転自在に支持する第2キャリア (C_2) とを備え、

- 5 第3プラネタリギヤ機構 (P_3) は、第2キャリア (C_2) の外周に形成された第3サンギヤ (ZS_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第3リングギヤ (ZR_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) および第3リングギヤ (ZR_3) に同時に噛合する複数個の第3プラネタリ

() ギヤ (ZP_3) と、第3プラネタリギヤ (ZP_3) を回転自在に支持して出力軸 (So) に接続された第3キャリア (C_3) とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

6. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ (48) により駆動される入力軸 (Si) の回転を減速して脚関節に接続された出力軸 (So) に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

- 15 軸線 (L) 上に入力軸 (Si)、出力軸 (So)、第1プラネタリギヤ機構 (P_1)、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3) を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構 (P_1) の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) を概ね重なるように配置し、第1プラネタリギヤ機構 (P_1) および第2プラネタリギヤ機構 (P_2) に対して軸線 (L) 方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構 (P_3) を配置し、入力軸 (Si) の回転を第1プラネタリギヤ機構 (P_1)、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3) で減速して出力軸 (So) に伝達するようにし、

25 第1プラネタリギヤ機構 (P_1) は、入力軸 (Si) に設けられた第1サンギヤ (ZS_1) と、第1サンギヤ (ZS_1) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第1リングギヤ (ZR_1) と、第1サンギヤ (ZS_1) および第1リングギヤ (ZR_1) に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ (ZP_1) と、第1プラネタリギヤ (ZP_1) を回転自在に支持する第1キャリア (C_1) とを備え、

第2プラネタリギヤ機構 (P_2) は、第1キャリア (C_1) の外周に設けられた第2サンギヤ (ZS_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第2リングギヤ (ZR_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) および第2リングギヤ (ZR_2) に同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤ (ZP_2) と、第2プラネタリギヤ (ZP_2) を回転自在に支持する第2キャリア (C_2) とを備え、

第3プラネタリギヤ機構 (P_3) は、第2キャリア (C_2) の中央部外周に設けられた第3サンギヤ (ZS_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第3リングギヤ (ZR_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) および第3リングギヤ (ZR_3) に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ (ZP_3) と、第3プラネタリギヤ (ZP_3) を回転自在に支持して出力軸 (S o) に接続された第3キャリア (C_3) とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

要 約 書

歩行補助装置の減速機（４９）はモータ（４８）に接続された入力軸（ S_i ）と出力軸（ S_o ）との間に、第１～第３プラネタリギヤ機構（ $P_1 \sim P_3$ ）を備えており、入力軸（ S_i ）に接続された第１プラネタリギヤ機構（ P_1 ）の半径方向外側に第２プラネタリギヤ機構（ P_2 ）を配置し、第１プラネタリギヤ機構（ P_1 ）の軸線 L 方向外側に第３プラネタリギヤ機構（ P_3 ）を配置するので、入力軸（ S_i ）の回転を第１～第３プラネタリギヤ機構（ $P_1 \sim P_3$ ）で３段に減速して出力軸（ S_o ）に伝達しながら、第１～第３プラネタリギヤ機構（ $P_1 \sim P_3$ ）の全てを軸線（ L ）方向に重なるように配置する場合に比べて減速機（４９）の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

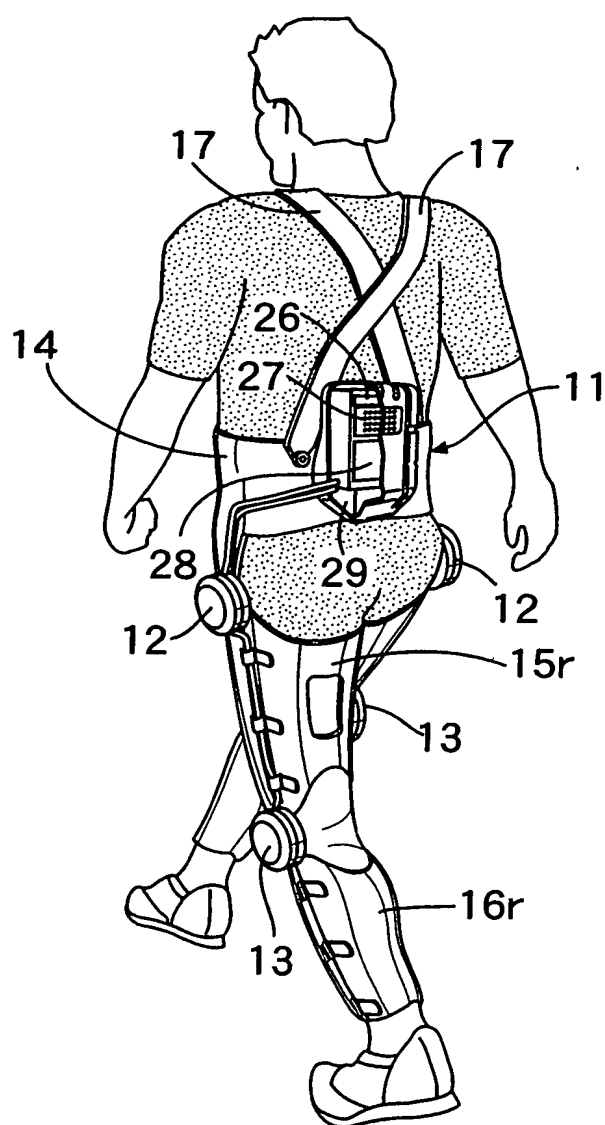


図 2

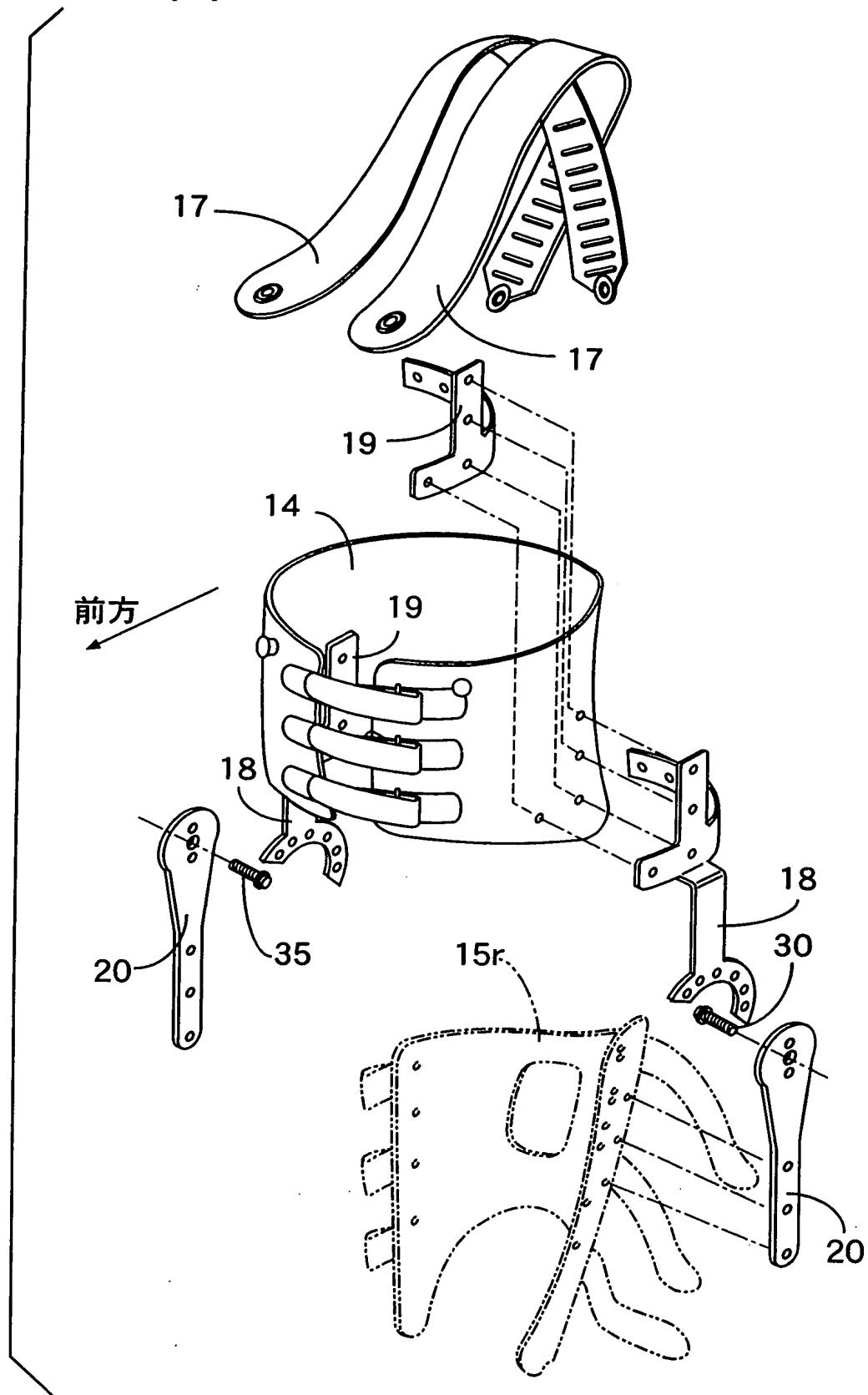


図 3

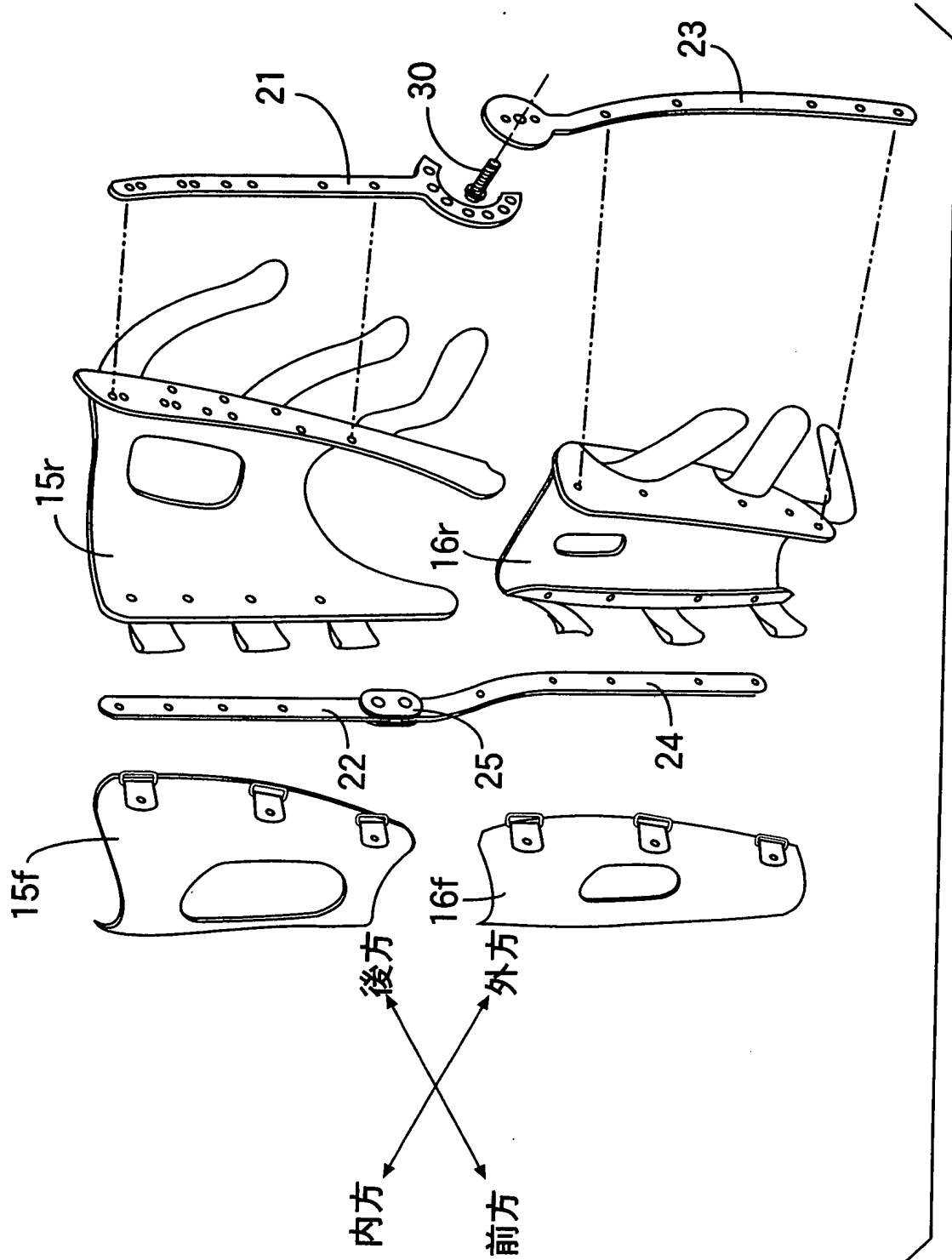


図 4

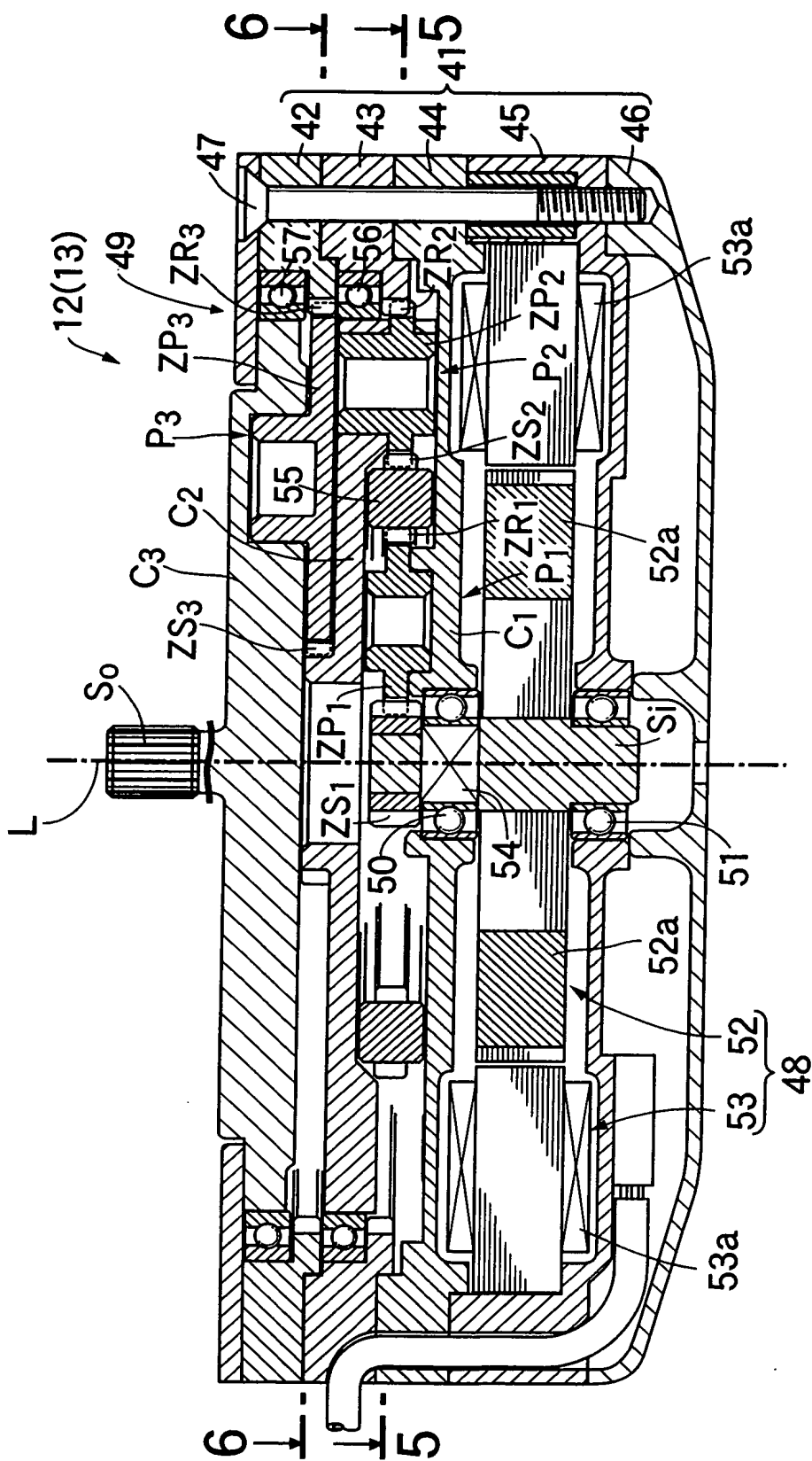


図 5

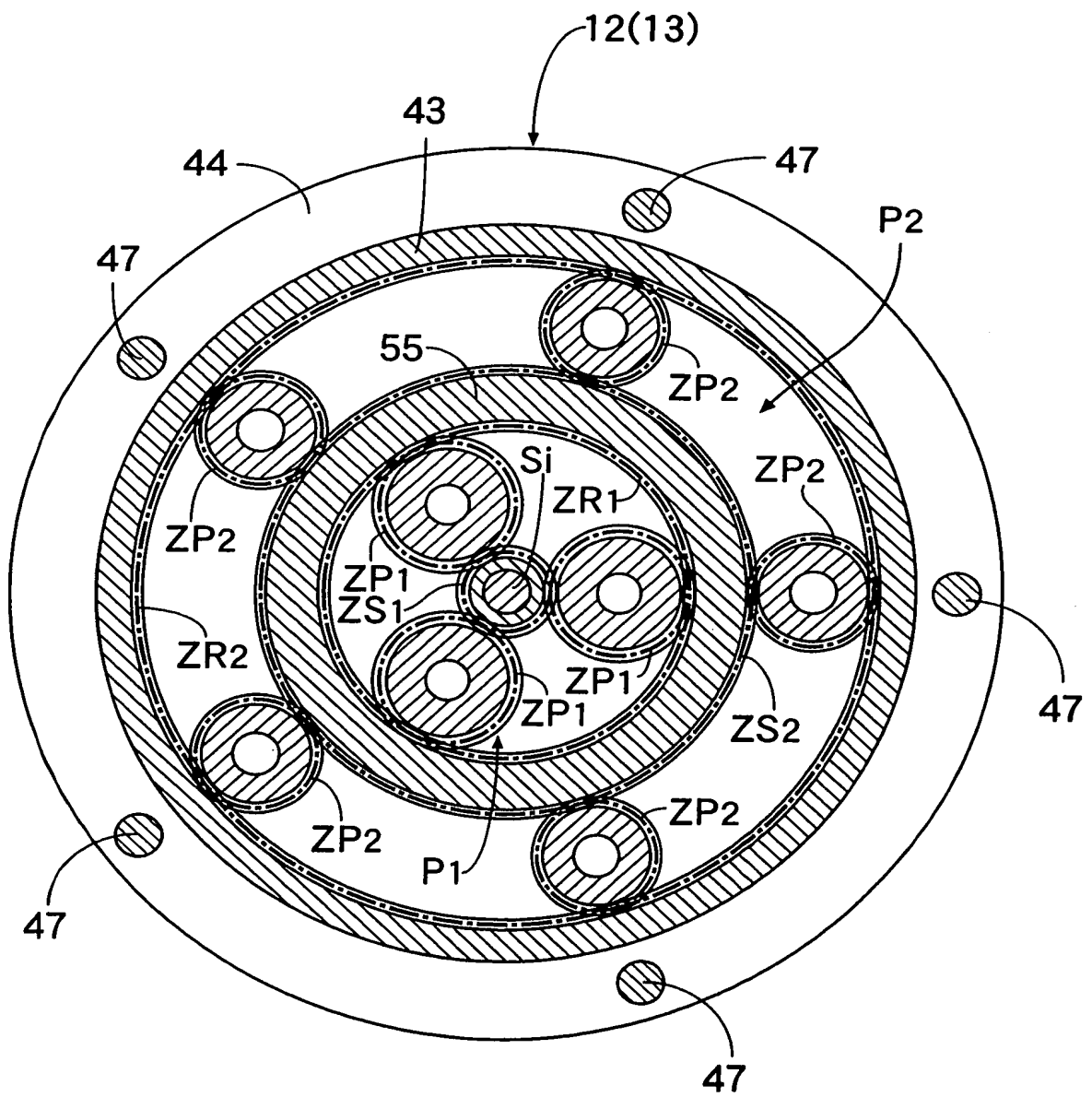


图 6

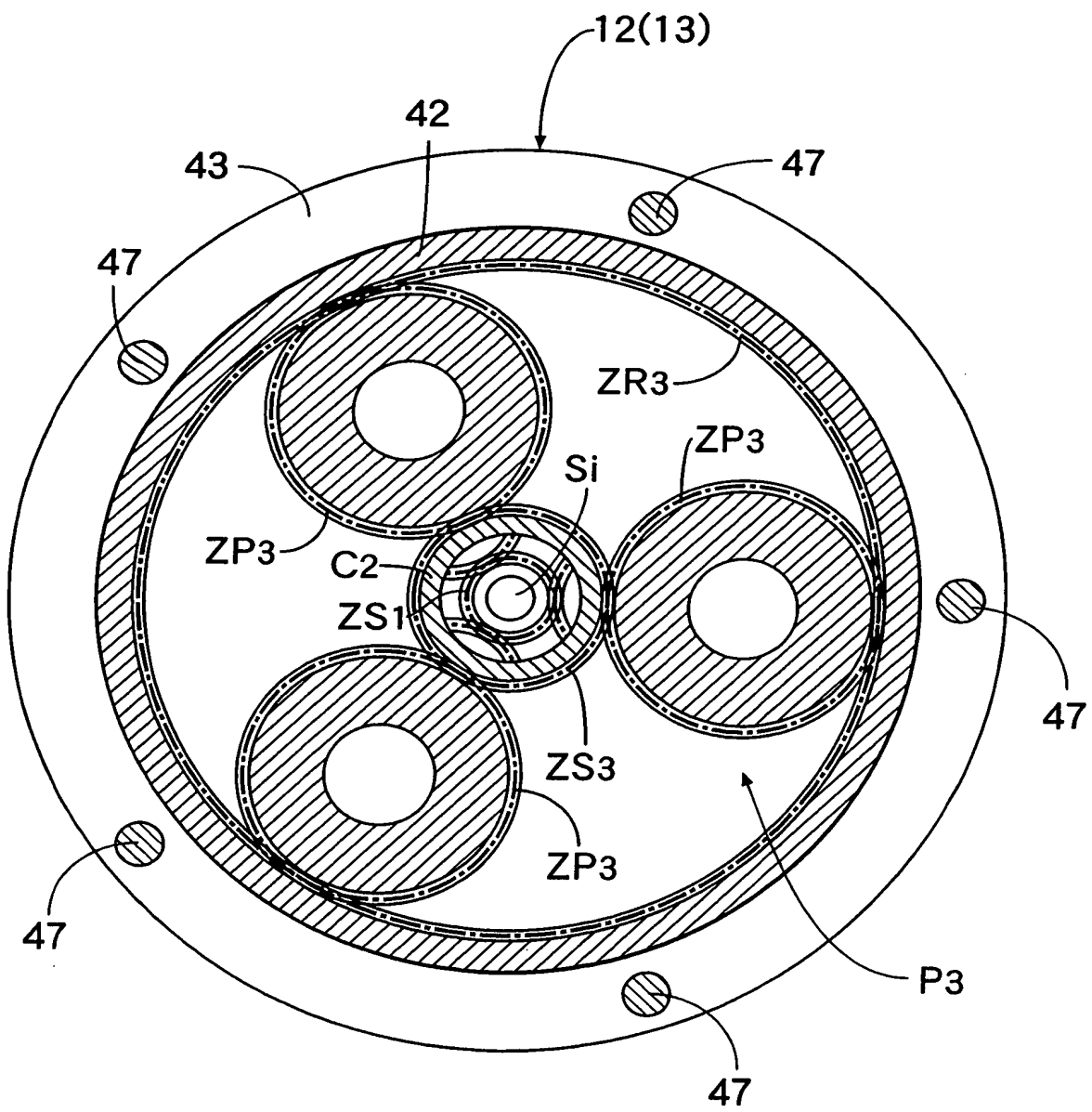


图 7

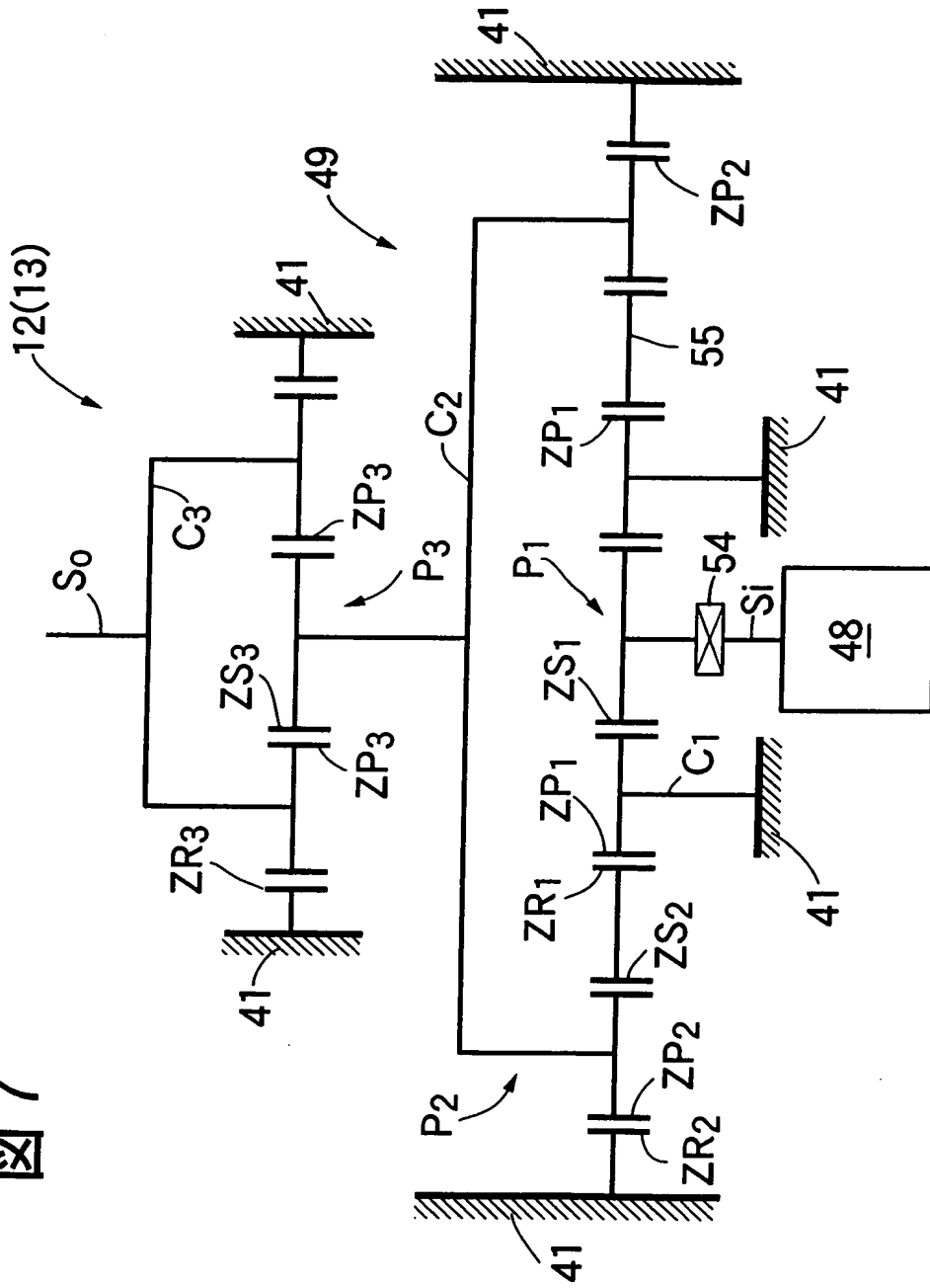


図 8

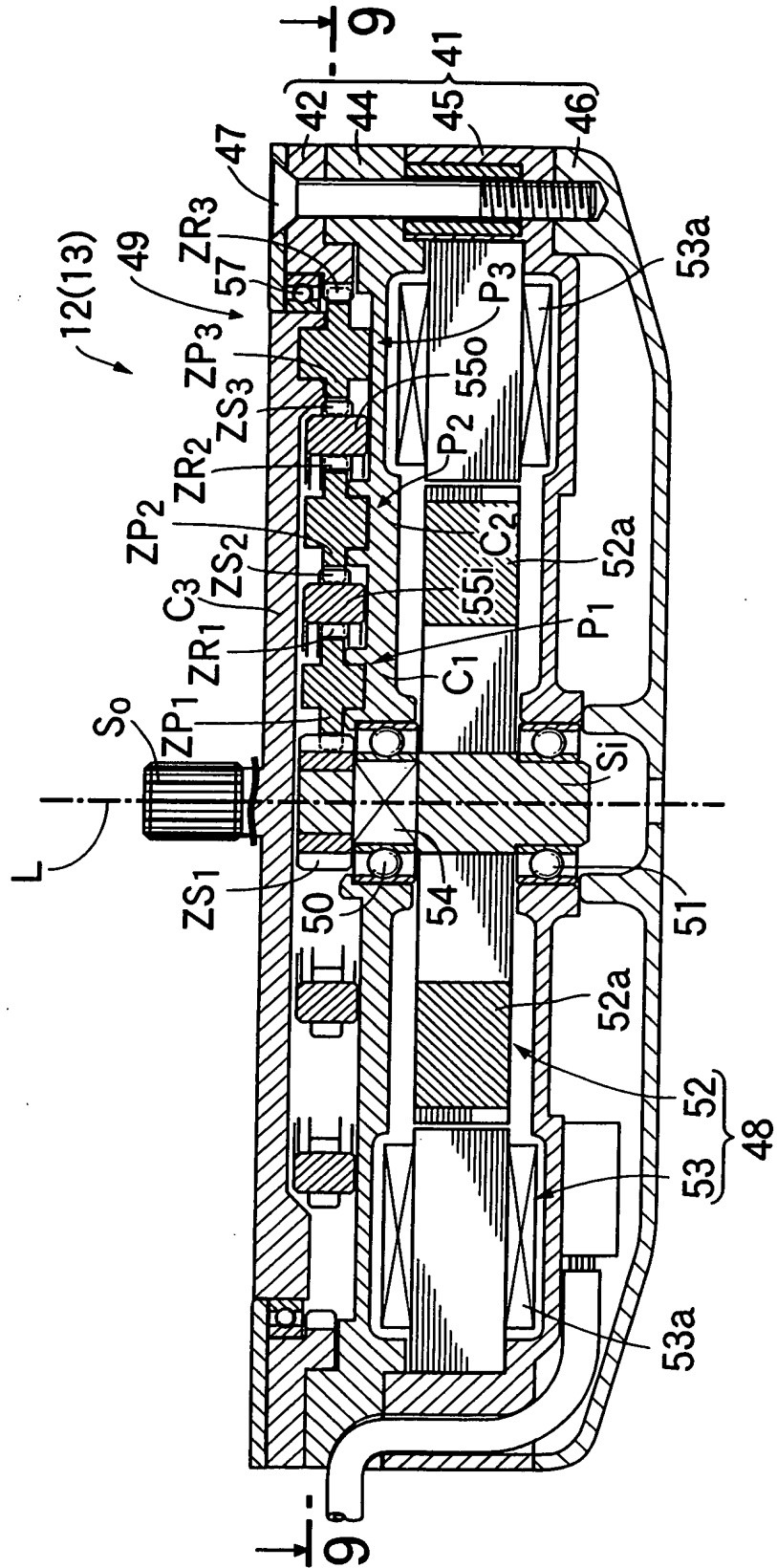


図 9

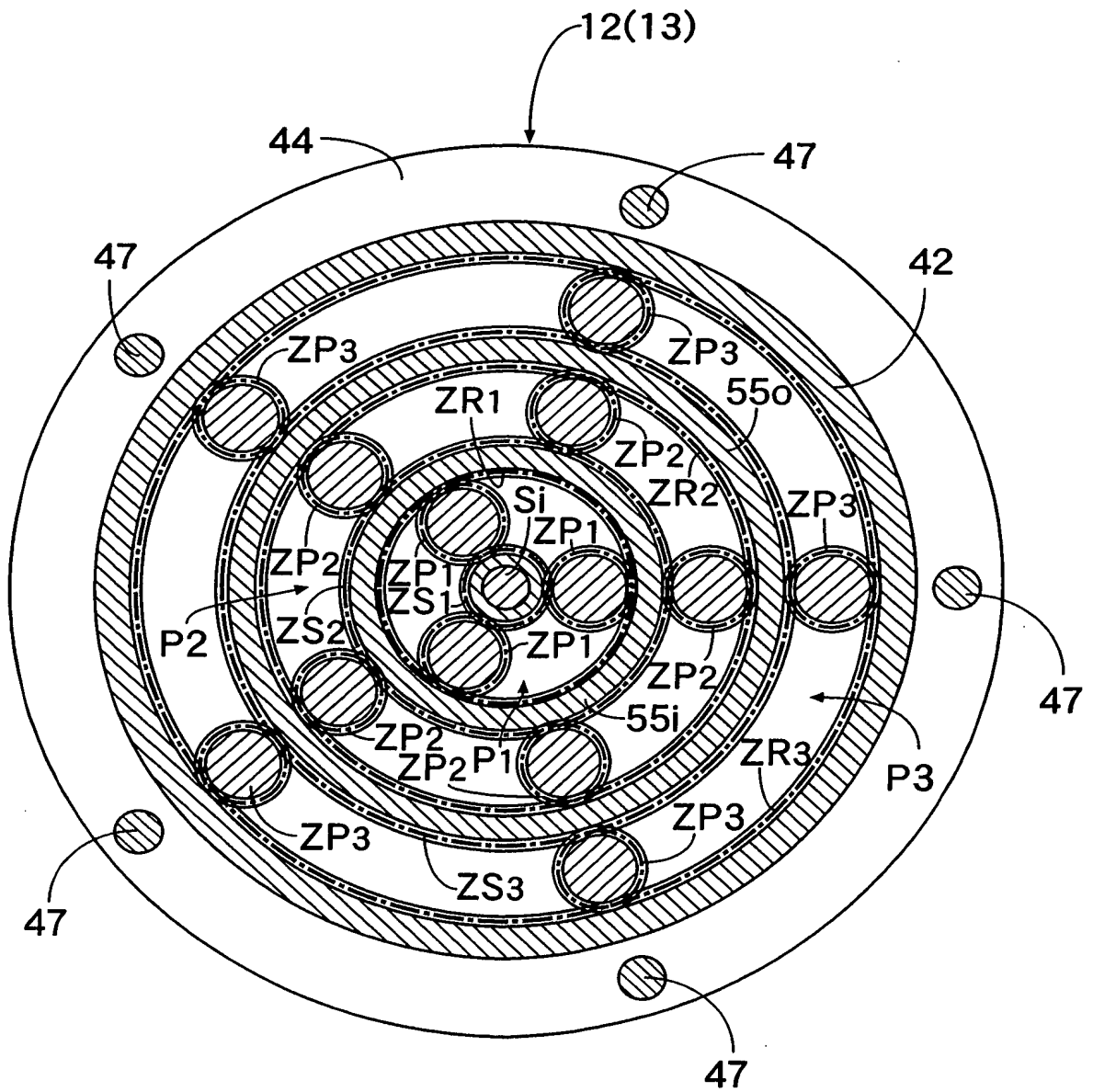


图 10

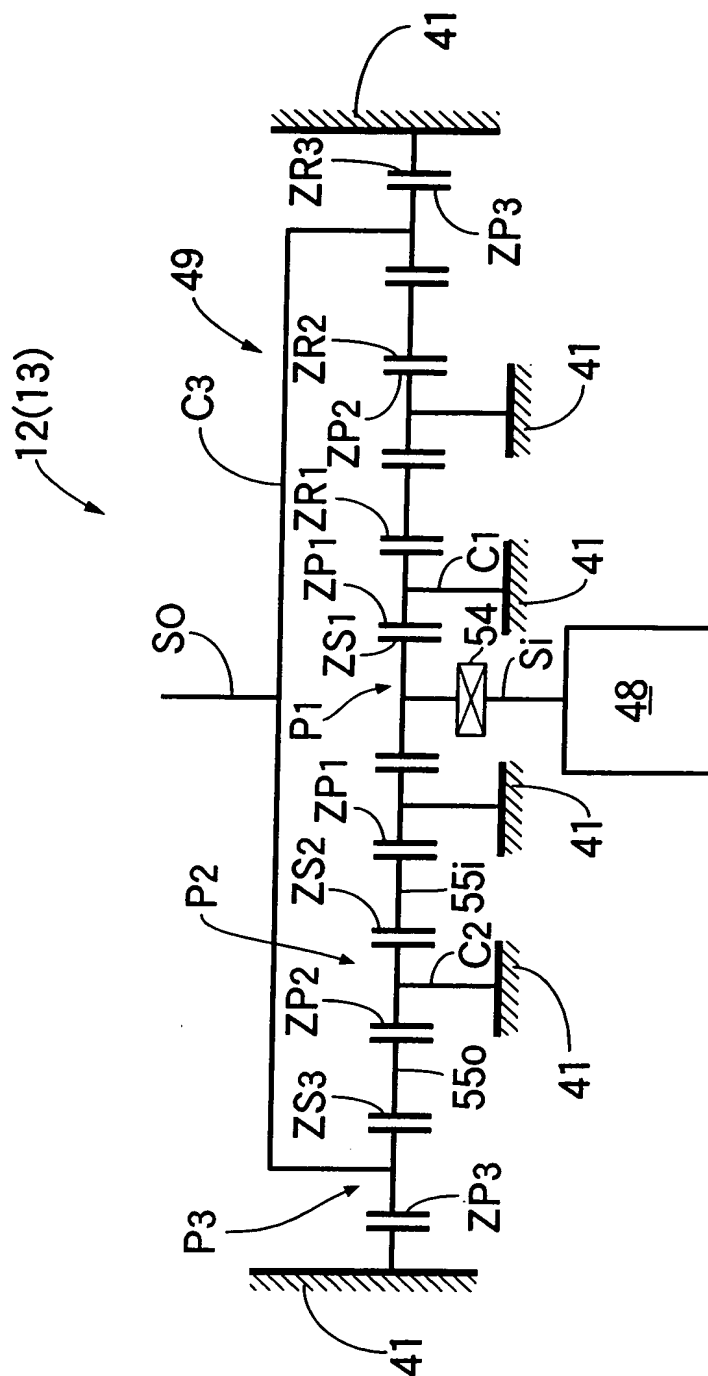


図 11

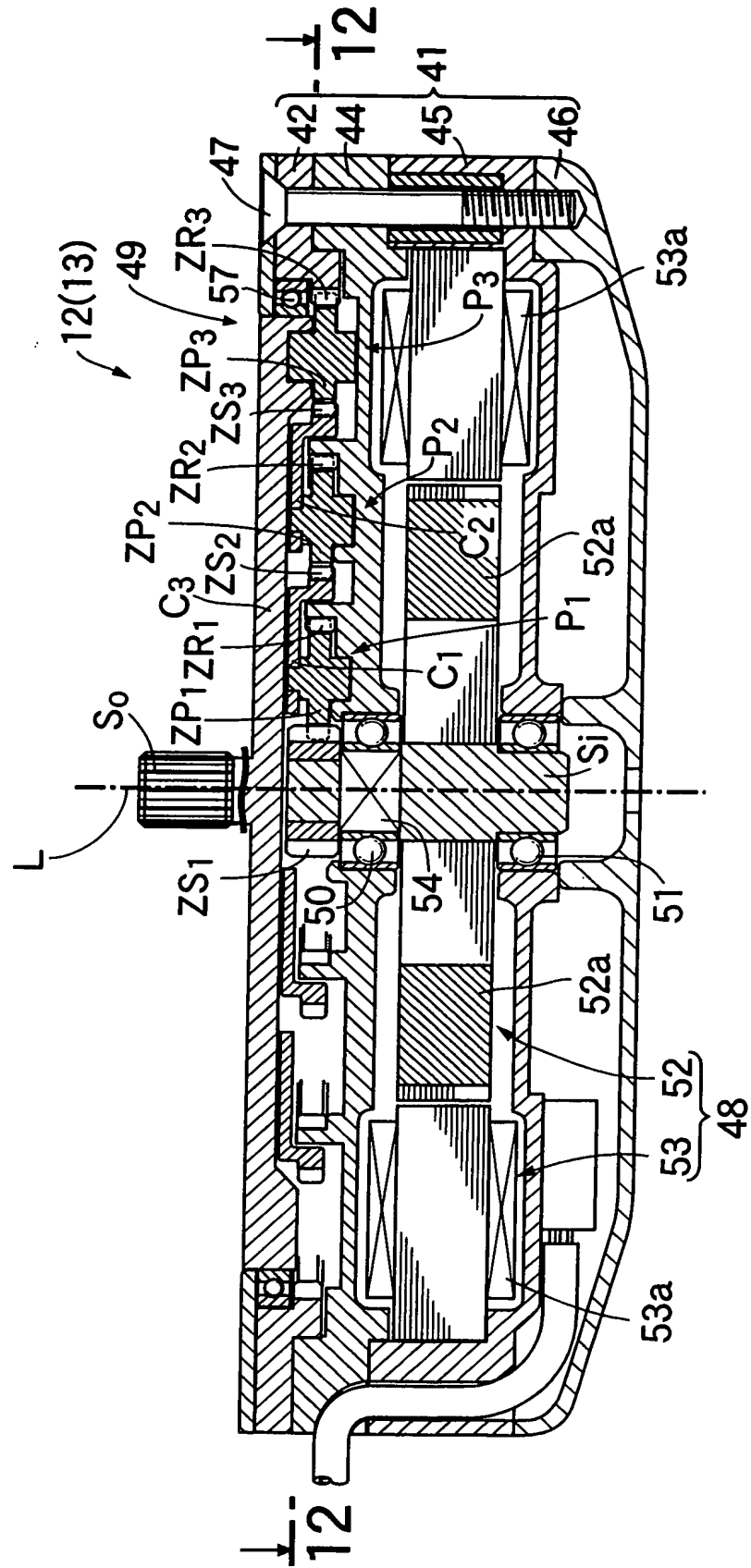


図 12

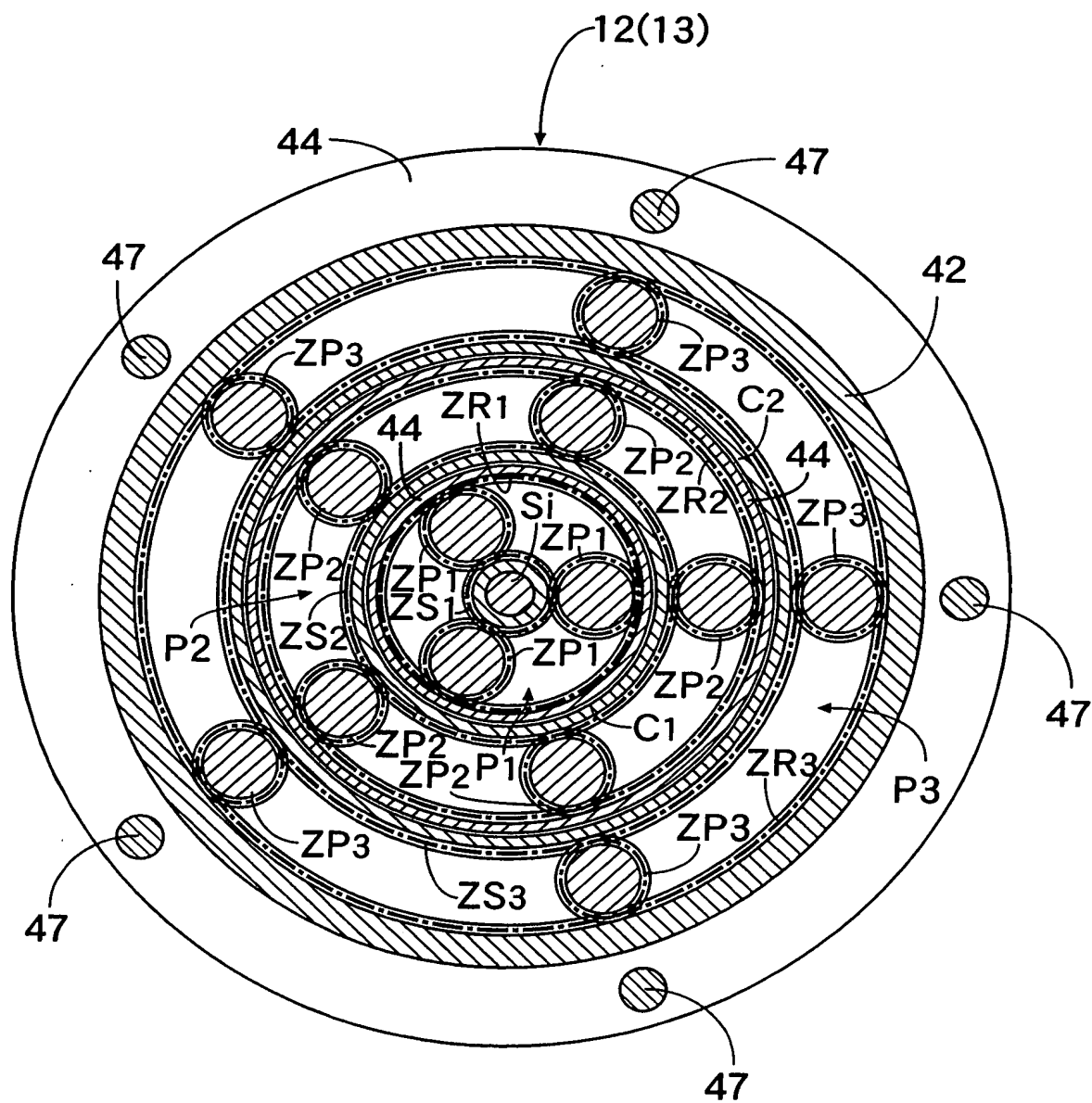


图 13

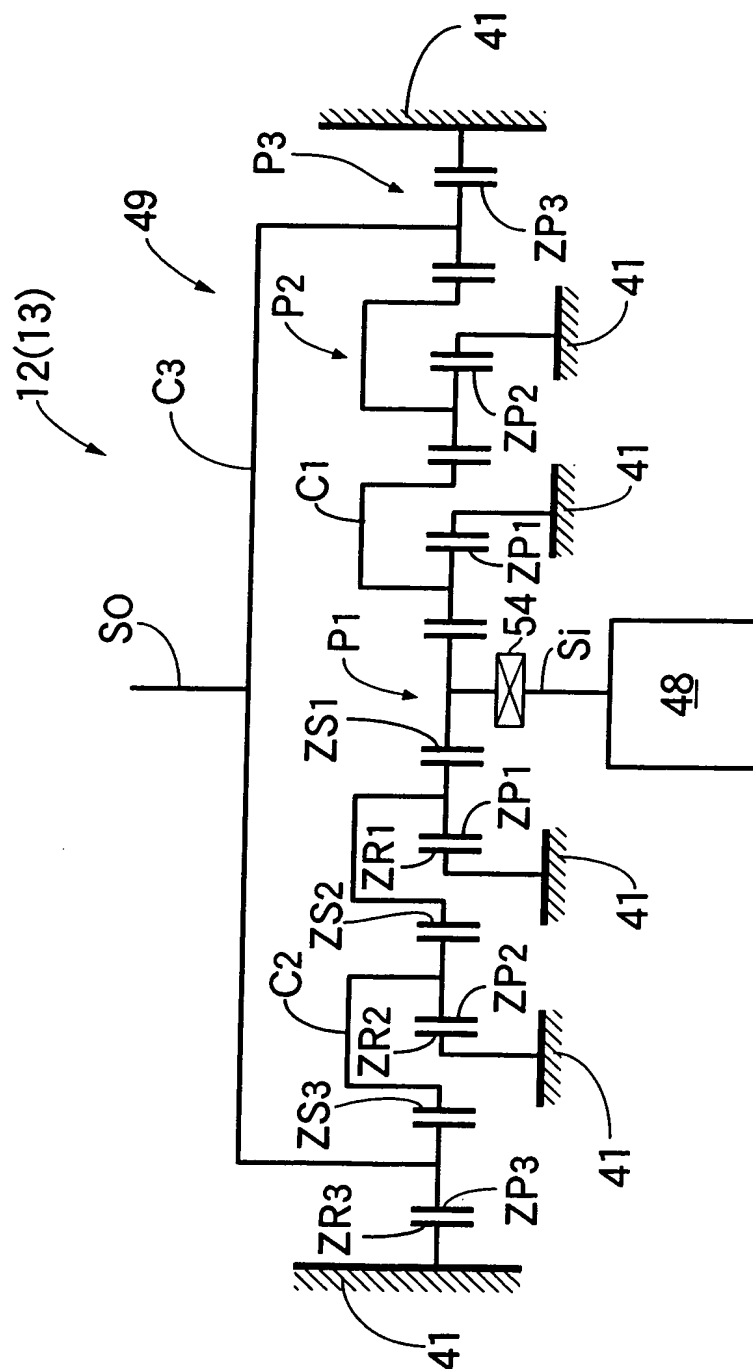


图 15

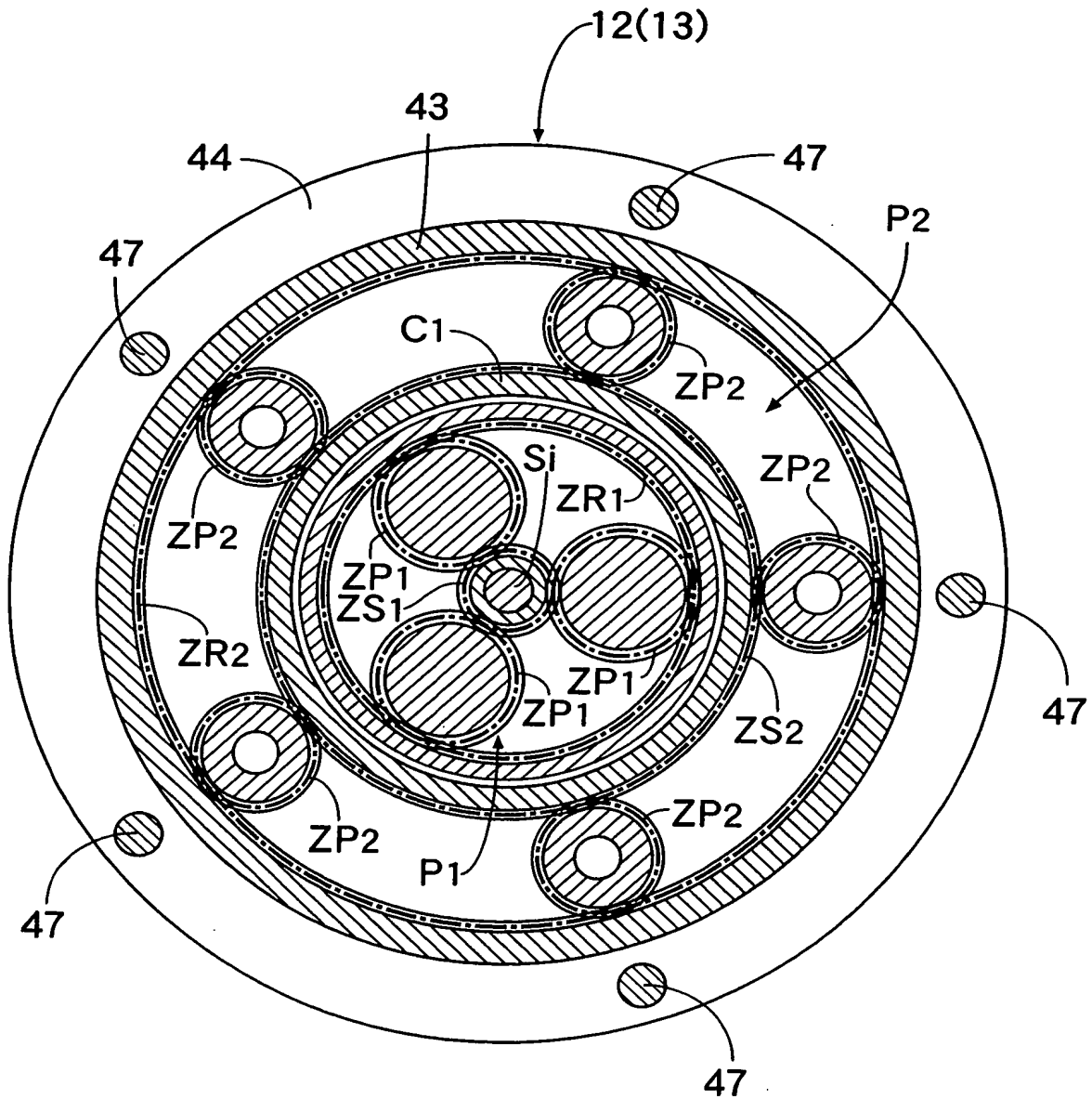


图 16

